

2/9/1

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI

(c) 2002 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

011133678 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1997-111602/ 199711

XRFX Acc No: N97-092351

Refrigeration of cryogenic panels for test chambers - regulating flow rate of cryogenic fluid, separating vapour and replenishing cryogenic fluid to maintain refrigeration

Patent Assignee: AIR LIQUIDE SA (AIRL )

Inventor: BOISSIN J C

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
FR 2736423	A1	19970110	FR 956785	A	19950608	199711 B

Priority Applications (No Type Date): FR 956785 A 19950608

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
FR 2736423	A1	21	F25D-005/00		

Abstract (Basic): FR 2736423 A

The method of refrigeration of cryogenic panels, generates a flow of cryogenic liquid (M) in the cryogenic panels, and takes off both the liquid and the vapour emerging after heat has been drawn from the panel. These are separated and the vapour removed for recycling. The liquid is made up to the full amount needed for the cooling, and recycled through the hollow panel forming the cryogenic panel.

The liquid circulation and recirculation is assisted by a pump. The flow of cryogenic fluid is automatically regulated to a set value, using temperature transducers (15) and control valves (10), under control of a programmable controller. The compensation of fluid loss is controlled in response to measurements of the excess quantities of fluid in the separator reservoir.

USE - Cryogenic panels for environment chambers simulating deep space temperatures.

ADVANTAGE - Simple and economic system attaining at least same cryogenic temperatures as existing direct refrigeration methods, but overcoming unreliability caused by generation of gas bubbles in conventional installations.

Dwg. 4/4

Title Terms: REFRIGERATE; CRYOGENIC; PANEL; TEST; CHAMBER; REGULATE; FLOW; RATE; CRYOGENIC; FLUID; SEPARATE; VAPOUR; REPLENISH; CRYOGENIC; FLUID; MAINTAIN; REFRIGERATE

Index Terms/Additional Words: SIMULATION; OF; DEEP; SPACE; TESTING; SPACE; VESSELS

Derwent Class: Q75

International Patent Class (Main): F25D-005/00

File Segment: EngPI

Am

THIS PAGE BLANK (USPTO)

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 736 423

21 N° d'enregistrement national : 95 06785

51 Int Cl<sup>6</sup> : F 25 D 5/00

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 08.06.95.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 10.01.97 Bulletin 97/02.

56 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule.*

60 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

71 Demandeur(s) : L'AIR LIQUIDE SOCIETE ANONYME  
POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES  
PROCEDES GEORGES CLAUDE — FR.

72 Inventeur(s) : BOISSIN JEAN CLAUDE.

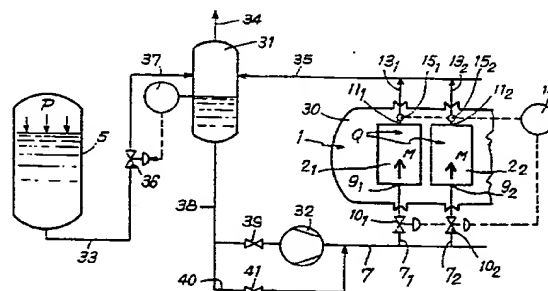
73 Titulaire(s) :

74 Mandataire :

54 PROCEDE ET DISPOSITIF DE REFRIGERATION D'ECRAN(S) THERMIQUE(S).

57 L'invention concerne un procédé, et le dispositif afférent, de réfrigération d'écran(s) thermique(s), à température cryogénique, consistant, essentiellement, à mettre à profit la chaleur latente de vaporisation (L) d'un fluide cryogène liquide (C<sub>l</sub>) en un gaz, avec (L) provenant de la charge thermique extérieure (Q) et définissant avec cette charge (Q) un ratio (Q/L) correspondant au débit-masse (m) du fluide (C<sub>l</sub>) à l'intérieur de l'écran nécessaire pour absorber (Q), qui se caractérise en ce que l'on impose un flux ( $M = y \cdot (m)$ ) avec  $y > 1$  et (M) choisi de telle sorte que la vaporisation ( $C_l < T_{1033} < C_g$ ) soit au moins partielle, l'on recueille l'éventuel excès de fluide liquide (C<sub>l</sub>) et le fluide gazeux (C<sub>g</sub>), l'on sépare (C<sub>l</sub>) de (C<sub>g</sub>), l'on évacue (C<sub>g</sub>), l'on compense la perte en (C<sub>l</sub>) par un apport en fluide liquide (C<sub>l</sub>) sous pression, et l'on réachemine le (C<sub>l</sub>) recueilli, éventuellement complété par (C<sub>l</sub>), dans l'écran, selon un flux (M), de manière à instaurer ainsi un recyclage de (C<sub>l</sub>).

Application à la réfrigération de chambres de simulation spatiales.



FR 2 736 423 - A1

AM



La présente invention relève du domaine de la réfrigération d'objets et, en particulier, d'écrans thermiques, du type de ceux qui sont susceptibles d'être utilisés pour créer un environnement radiatif aux températures cryogéniques, i.e. un environnement thermique dont la température est inférieure à 80°C, de préférence  
5 100°C.

Plus précisément, l'invention a trait à la réfrigération d'écrans thermiques, dénommés également cryopanneaux, aptes à constituer les parois d'une enceinte cryogénique qui peut, par exemple, être une chambre de simulation thermique d'un environnement, correspondant à celui de l'espace "profond". De  
10 telles chambres de simulation sont utilisées notamment pour tester des vaisseaux spatiaux et comprennent en particulier un agencement optiquement étanche d'écrans thermiques ou de cryopanneaux définissant l'environnement thermique du volume d'essai.

La présente invention concerne ainsi un procédé et un dispositif de  
15 réfrigération d'écrans thermiques du type de ceux qui sont susceptibles d'être utilisés pour constituer des parois d'un volume d'essai de similitude thermique et qui comprennent au moins un panneau creux (cryopanneau).

On sait que les écrans thermiques à un ou plusieurs cryopanneaux, sont généralement réalisés dans des matériaux thermiquement conducteurs, tels que les  
20 métaux et sont refroidis à l'aide d'un fluide ou d'un mélange de fluides frigorigènes se présentant, au moins en partie, à l'état liquide.

A titre d'illustration, la fig. 1 annexée est une représentation partielle, en perspective, de trois exemples (I, II, III) de cryopanneaux classiques.

Ces cryopanneaux, désignés par la référence 1, comprennent une ou  
25 plusieurs cavités 2, au travers de chacune desquelles un fluide cryogène C peut circuler à l'état liquide et/ou gazeux. La réfrigération, qui consiste en l'absorption de quantités de chaleur Q émanant du volume à refroidir est obtenue grâce à la chaleur latente de vaporisation du fluide cryogène liquide C<sub>l</sub>. Dès lors qu'il sont mis en oeuvre pour réaliser des chambres de simulation thermique pour tests en  
30 conditions spatiales, les cryopanneaux 1 comprennent, de préférence, une face intérieure 3 absorbante pour le rayonnement thermique du spécimen testé placé à

l'intérieur du volume d'essai et une face extérieure 4, de préférence polie.

S'agissant de la réfrigération, il existe deux types de procédés de réfrigération connus, à savoir le procédé "direct" et le procédé "indirect".

La fig. 2 annexée représente un schéma illustratif et explicatif d'un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé direct de l'art antérieur.

L'écran thermique 1 considéré comprend des écrans élémentaires 2 à circulation de fluide, encore dénomés canaux dans la suite du texte, qui sont le siège de la vaporisation d'un liquide cryogène  $C_1$  sous l'effet de l'absorption d'une quantité de chaleur  $Q$ . Les canaux 2 sont reliés, d'une part, à un réservoir 5 de stockage et d'alimentation en fluide cryogène liquide  $C_1$  sous pression et, d'autre part, à un organe d'évacuation 6 du gaz produit par l'évaporation dans les canaux 2. Une canalisation 7, émanant du réservoir 5 et équipée d'une valve 8, permet l'acheminement du fluide cryogène liquide aux canaux 2 du panneau creux 1. Plus précisément, cette canalisation 7 se subdivise en canalisations secondaires  $7_1, 7_2 \dots 7_n$ , dont chacune aboutit à l'ouverture  $9_1, 9_2 \dots 9_n$  de chaque canaux  $2_1, 2_2 \dots 2_n$ . Ces canalisations secondaires,  $7_1, 7_2 \dots 7_n$  sont équipées d'une vanne de réglage  $10_1, 10_2 \dots 10_n$ . Les sorties  $11_1, 11_2 \dots 11_n$  desdites cavités, sont mises en relation avec une canalisation d'évacuation 12 par l'intermédiaire de conduits raccords  $13_1, 13_2 \dots 13_n$ . Cette canalisation 12 amène le fluide cryogène vaporisé jusqu'à l'organe d'évacuation 6, qui le fait passer dans l'atmosphère ambiante.

Il est prévu, également, un système de contrôle du flux  $\dot{m}$  fluide  $C_1$  des canaux  $2_1, 2_2 \dots 2_n$ . Le système comprend une unité centrale 14 reliée à des capteurs de température de sortie du fluide gazeux  $F_g$  de chacun des canaux  $2_1, 2_2 \dots 2_n$ . Cette unité centrale 14 controle l'ouverture des vannes de réglage  $10_1, 10_2 \dots 10_n$ .

Le fluide cryogène  $C_1$ , stocké sous une pression  $P$  dans le réservoir 5, peut donc circuler après ouverture de la vanne 8 dans la canalisation principale 7 selon un flux  $\dot{m}$  pour approvisionner les canaux  $2_1, 2_2 \dots 2_n$  selon des débits gérés et commandés par le système de contrôle comprenant l'unité centrale 14. La vaporisation dans les canaux  $2_1, 2_2 \dots 2_n$  permet l'absorption d'une quantité de chaleur  $Q$  et la vaporisation  $C_1 \rightarrow C_g$ .

Selon ce procédé "direct", il est possible d'atteindre les températures

cryogéniques, correspondant sensiblement aux températures d'ébullition des fluides frigorigènes sous la pression atmosphérique, soit  $77,4^{\circ}\text{K}$  pour l'azote liquide.

Cependant, la charge thermique  $Q$  maximale, "absorbable" par ce type d'écran thermique à procédé "direct", est limitée. En effet, cette charge  $Q$  maximale, qui ne doit s'envisager que pour des températures basses atteintes de manière uniforme sur tout l'écran thermique, peut être perturbée par la formation de bouchons de gaz qui s'opposent à un écoulement régulier du flux diphasique liquide/gaz et qui ainsi donne naissance à des zones chaudes ponctuelles sur la surface de l'écran. On peut tenter de remédier partiellement et imparfaitement à ce problème en augmentant le flux de fluide cryogène liquide  $C_1$ , jusqu'à des niveaux excédant celui juste nécessaire pour l'absorption de la charge thermique concernée. Mais dans ce cas, de grandes quantités de fluide cryogène en excès doivent être évacuées et sont perdues, ce qui est grandement préjudiciable au rendement et à l'économie du procédé.

L'autre proposition connue de réfrigération "indirecte" fait intervenir un dispositif qui est représenté schématiquement sur la fig. 3, laquelle illustre et explicite également le procédé "indirect". Sur cette fig. 3, les mêmes références désignent les mêmes éléments que sur la fig. 2.

Ce dispositif comprend des écrans élémentaires à circulation (encore dénomés "canaux" dans la suite du texte)  $2_1, 2_2 \dots 2_n$  formant l'écran thermique 1, des vannes de réglages  $10_1, 10_2 \dots 10_n$  permettant le contrôle de l'alimentation des canaux  $2_1, 2_2 \dots 2_n$ , par l'intermédiaire d'un système de contrôle 14, 15<sub>1</sub>, 15<sub>2</sub>, ainsi qu'un réservoir de stockage et d'alimentation 5 contenant du fluide cryogène liquide  $C_1$  sous pression  $P$ , à l'instar des dispositifs décrits ci-dessus pour le procédé direct.

En plus de cela, le dispositif de la fig. 3 comprend une capacité tampon 16, un échangeur thermique 17 et une pompe 18.

Le réservoir de stockage et d'alimentation 5 est à même de délivrer du fluide cryogène bouillant  $C_b$  à l'échangeur thermique 17, par l'intermédiaire d'un conduit 19 équipé d'une électrovanne 20. Cette dernière est asservie à des moyens de contrôle et de commande comprenant un capteur de niveau 21 de fluide cryogène

bouillant  $C_b$  dans l'échangeur thermique 17, une unité centrale de commande 22, régissant l'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 20, selon les données fournies par le capteur de niveau 21. Le fluide à refroidir est du fluide cryogène liquide  $C_l$  sous pression  $P$  provenant de la capacité tampon 16, par l'intermédiaire d'une  
5 canalisation 23. Cette fourniture de fluide cryogène liquide  $C_l$  par la capacité tampon 16 peut, éventuellement, être complétée par du fluide liquide  $C_l$ , acheminé par la canalisation 24 provenant du réservoir 5, laquelle comprend une vanne 25. Le fluide cryogène liquide  $C_l$  sous pression subit un refroidissement par vaporisation du fluide cryogène bouillant  $C_b$  de l'échangeur 17, ce dernier étant conçu de manière à  
10 permettre l'évacuation  $E$ , de la vapeur ainsi générée.

Le fluide cryogène liquide  $C_l$  est ainsi sous refroidi pour être amené ensuite, à l'aide de la pompe 18, vers les canaux  $2_1, 2_2 \dots 2_n$  sous le contrôle des moyens de contrôle et de commande 14,  $15_1, 15_2 \dots 15_n$ . Le fluide sous-refroidi à température  $T_1$  absorbe la charge thermique  $Q$  au niveau des cavités, ce qui  
15 provoque sa montée à une température  $T_2$  sans vaporisation, les moyens de contrôle et de commande étant ajustés de telle sorte que la température reste en deçà de la température de saturation du fluide  $T_0$  à la pression  $P_0$  régnant dans les cavités.

A la sortie des cavités  $2_1, 2_2 \dots 2_n$ , le fluide cryogène liquide  $C_l$ , réchauffé à  $T_2$  est conduit, à l'aide d'une canalisation 26, vers la capacité tampon 16 selon un flux  $M$ . Cette capacité tampon 16 est pourvue de moyens d'évacuation de  
20 l'excès de fluide gazeux qu'elle contient en plus du fluide liquide  $C_l$  sous pression. Ces moyens d'évacuation comprennent deux vannes de régulation 27, 28 et une unité 29 de mesure de pression dans la capacité 16 et de commande des vannes de régulation 27 et 28. La vanne 27 permet, en position ouverte, l'approvisionnement  
25 en fluide gazeux de la capacité 16. A l'inverse, lorsque la vanne 28 s'ouvre c'est l'évacuation de fluide gazeux qui s'opère abaissant ainsi la pression dans le circuit.

Compte tenu du fait que l'absorption de chaleur au niveau des panneaux creux de l'écran thermique 1 s'effectue sans changement d'état liquide  $\rightarrow$  gaz, cela prévient les problèmes de bouchons gazeux. Néanmoins, ce procédé "indirect" a  
30 comme inconvénient majeur de ne pas permettre la réfrigération à des températures aussi basses que le procédé "direct". Cette différence de performances peut atteindre

20 ° K dans le cas de l'azote liquide.

Par ailleurs, ce procédé "indirect" impose le recours à des moyens lourds de pompage de grandes quantités de fluide cryogène, à de hauts débits. De tels moyens de pompage, qui doivent fonctionner en continu, affectent la fiabilité du dispositif et induisent, nécessairement, une consommation importante en fluide cryogène liquide  $C_1$  sous pression.

Par ailleurs, ce procédé "indirect" ne peut être mis en oeuvre qu'avec un dispositif qui comprend, outre la pompe, de nombreux éléments qui ne font qu'ajouter à sa sophistication et conduisent à un coût d'investissement élevé.

Dans cet état de fait, l'un des objectifs essentiels de la présente invention est de fournir un procédé et un dispositif de réfrigération d'écran(s) thermique(s) permettant d'atteindre des températures de réfrigération au moins aussi basses que celles caractéristiques du procédé "direct" de l'art antérieur, tout en satisfaisant aux contraintes de simplicité et d'économie, qui s'imposent dans une perspective de faisabilité industrielle et sans être sujets aux dysfonctionnements typiques du procédé "direct", tels que les bouchons gazeux provoquant des hétérogénéités thermiques.

Ces objectifs et d'autres sont atteints par la présente invention qui concerne, en premier lieu, un procédé de réfrigération d'écran thermique, du type de ceux qui sont susceptibles d'être utilisés pour refroidir une enceinte et qui comprennent au moins un panneau refroidi par circulation de fluide.

Ledit procédé consistant, essentiellement, à mettre à profit la chaleur latente de vaporisation  $L$  d'un fluide cryogène liquide  $C_1$  à l'intérieur du (ou des) panneau(x) creux ou panneau(x) d'écran à circulation, cette chaleur latente  $L$  provenant de la charge thermique (ou flux thermique) extérieure  $\dot{Q}$  et définissant avec  $\dot{Q}$  un ratio  $m = \dot{Q}/L$  correspondant au flux ou débit-masse  $\dot{m}$  du fluide  $C_1$ , au sein du (ou des) panneau(x) creux, nécessaire pour absorber la charge thermique extérieure  $\dot{Q}$  provenant du volume à refroidir,

caractérisé en ce que :

- l'on impose un débit  $\dot{M} = y.(\dot{m})$  avec  $y$  représentant un nombre supérieur à 1,  $\dot{M}$  étant, en outre, choisi par excès, de telle sorte que la vaporisation ( $C_1 \rightarrow C_2$ ) soit au moins partielle,



- l'on recueille l'éventuel excès de fluide liquide  $C_{\text{L}}$  et le fluide gazeux  $C_{\text{g}}$  issu de la vaporisation,
- l'on sépare l'excès  $C_{\text{L}}$  de  $C_{\text{g}}$ ,
- l'on évacue  $C_{\text{g}}$ ,
- 5 - l'on compense la perte en fluide  $C_1$  par un apport dimensionné en fluide liquide  $C_{\text{L}}$  sous pression,
- et l'on réachemine l'excès fluide  $C_{\text{L}}$  recueilli complété par l'apport en fluide liquide  $C_{\text{L}}$ , dans le (ou les) panneau(x) creux, selon un débit  $\dot{M}$ , de manière à instaurer ainsi un
- 10 recyclage de  $C_1$ .

A noter que  $\dot{Q}$  peut également être défini comme étant la puissance thermique et  $\dot{m}$  le débit-masse,

15

$$\text{avec } \dot{m} \text{ (Kg} \times \text{s}^{-1}) = \frac{\dot{Q} \text{ (W)}}{L \text{ (J/Kg)}}$$

Il est du mérite de la Demanderesse d'avoir mis en évidence, de manière tout à fait surprenante et inattendue, que le fait de prévoir, d'une part, une suralimentation en fluide frigorigène liquide  $C_1$  des cavités des panneaux creux écrans thermiques et, d'autre part, une séparation de phase liquide/gazeuse, permet de

20 réunir les avantages des procédés "direct" et "indirect" de l'art antérieur, tout en supprimant leurs inconvénients respectifs.

Un autre objet de l'invention est constitué par un dispositif de réfrigération d'écran thermique, utile notamment pour la mise en oeuvre du procédé

25 ci-dessus et comprenant :

- au moins un écran thermique comportant au moins un panneau creux présentant une ou plusieurs canaux au travers de chacune desquels au moins un fluide frigorigène liquide et/ou gazeux est susceptible de circuler entre au moins une
- ouverture d'entrée et au moins une ouverture de sortie,
- 30 - au moins un réservoir de stockage et d'alimentation en fluide cryogène liquide ( $C_1$ ) sous pression,

- et éventuellement au moins un système de contrôle du flux  $\dot{M}$  d'entrée et de circulation du fluide ( $C_l$ ) dans la ou les canal(aux) de l'écran thermique.

Ce dispositif est original et avantageux :

- en ce qu'il comporte, en outre, des moyens de séparation de mélanges de phases liquide (L) et gazeuse (G) du fluide cryogène, lesdits mélanges provenant de la ou des ouvertures de sortie de la (ou des) cavité(s) de l' (ou des) écran(s) thermique(s),
- et en ce que ces moyens de séparation (liquide/gaz) sont, par ailleurs, reliés, d'une part, au réservoir de stockage et d'alimentation apte à les approvisionner en fluide cryogène liquide ( $C_l$ ) sous pression et, d'autre part, à l' (ou aux) ouverture(s) d'entrée de la (ou des) cavité(s) de l' ou des écran(s) thermique(s).

La description détaillée qui suit, d'exemples non limitatifs de mise en oeuvre du procédé selon l'invention et de réalisation d'un dispositif utile pour cette mise en oeuvre. Cette description est effectuée en référence à la fig. 4 des dessins annexés, montrant un schéma illustratif et explicatif d'un tel dispositif.

Dans cette fig. 4, les éléments communs avec les fig. 2 et 3 seront désignés par les mêmes références.

Comme déjà vu "l'écran thermique" est constitué par l'ensemble des panneaux creux 1 présentant des canaux  $2_1, 2_2 \dots 2_n$  et logés dans une chambre sous vide 30. Chaque canal  $2_1, 2_2 \dots 2_n$  comporte une ouverture d'entrée  $9_1, 9_2 \dots 9_n$  en communication avec une canalisation secondaire  $7_1, 7_2 \dots 7_n$ , ainsi qu'une ouverture de sortie  $11_1, 11_2 \dots 11_n$  en relation avec une canalisation de sortie  $13_1, 13_2 \dots 13_n$ .

Ce dispositif comprend, également :

- un réservoir 5 de stockage et d'alimentation en fluide cryogène liquide  $C_l$  sous pression P,
- un système de contrôle de l'entrée et de la circulation du fluide  $F_l$  dans les canaux  $2_1, 2_2 \dots 2_n$  de l'écran thermique 1,
- des moyens de séparation 31 de mélange de phase liquide/gazeuse du fluide

cryogène,

- des moyens de contrôle 36, 37 de la quantité de fluide cryogène liquide  $C_1$  dans les moyens de séparation de phase 31,
- et éventuellement des moyens mécaniques, du type pompe, d'assistance pour l'acheminement ou le réacheminement du fluide cryogène liquide  $C_1$  au travers des canaux  $2_1, 2_2 \dots 2_n$ .

Le réservoir 5 de stockage et d'alimentation communique, par l'intermédiaire d'un conduit 33, avec les moyens de séparation liquide/gaz constitués, de préférence, par au moins un réservoir 31. Ce dernier comprend au moins un conduit d'évacuation 34 de la phase gazeuse séparée de la phase liquide du fluide cryogène C. Ce réservoir 31 est, par ailleurs, en communication avec au moins une conduite d'amenée 35 du mélange liquide/gaz, en l'espèce une, émanant des canaux  $2_1, 2_2 \dots 2_n$  de l'écran thermique 1. Le réservoir de séparation de phase 31 est également associé aux moyens de contrôle de la quantité ou du niveau de fluide liquide cryogène  $C_1$  qu'il contient. Ces moyens comprennent au moins une vanne de régulation 36, en l'espèce une, asservie à une unité de calcul et de commande 37 reliée à un capteur de niveau, non représenté sur le dessin, et apte à actionner la vanne 36 à l'ouverture pour compenser les pertes en fluide cryogène liquide  $C_1$  dans le réservoir 31, compte tenu d'une valeur de consigne prédéterminée. Cette unité 37 permet de gérer les apports en fluide cryogène liquide  $C_1$  pour compenser les pertes gazeuses.

La sortie du fluide cryogène liquide  $C_1$ , contenu dans le réservoir de séparation 31, s'opère à l'aide d'une canalisation 38 reliée, directement ou indirectement, à la canalisation d'amenée 7 du fluide cryogène liquide  $C_1$  vers les canaux  $2_1, 2_2 \dots 2_n$ .

Avantageusement, la jonction entre la canalisation 38 et la canalisation 7 peut comprendre, comme c'est le cas en l'espèce, au moins une pompe 32 pour le transport du fluide L du réservoir de séparation vers le ou les panneaux creux 1. Cette jonction peut être mise en ou hors service à l'aide d'une vanne 39 dont elle est équipée. En position fermée de cette dernière, la jonction canalisation 38/canalisation 7 est réalisée par une dérivation 40 également pourvue d'au moins une vanne,

avantageusement une vanne e. g à commande manuelle 41.

Le système de contrôle du débit  $\dot{M}$  de fluide frigorigène à l'intérieur des canaux  $2_1, 2_2 \dots 2_n$  du panneau creux 1 fonctionne, de préférence, en autorégulation et comprend :

- 5 - au moins une vanne, de préférence une vanne de réglage  $10_1, 10_2 \dots 10_n$ , au moins un capteur de température du fluide C liquide et/ou gazeux, disposé à l'intérieur ou à proximité de l'ouverture de sortie de la (ou des) canal(aux)  $2_1, 2_2 \dots 2_n$ ,
- et au moins une unité 14 de commande et de calcul, programmée de telle sorte qu'elle soit apte à actionner la (ou les) vanne(s)  $10_1, 10_2 \dots 10_n$  en fonction des
- 10 données reçues du (ou des) capteur(s) de température  $15_1, 15_2 \dots 15_n$ , notamment en vue d'assurer l'ajustement du débit  $\dot{M}$  au flux de chaleur  $\dot{Q}$  à absorber.

Dans cet exemple, chaque conduit secondaire  $7_1, 7_2 \dots 7_n$  d'amenée de fluide  $F_1$  jusqu'à l'ouverture  $9_1, 9_2 \dots 9_n$  de la cavité  $2_1, 2_2 \dots 2_n$  est équipé d'une vanne  $10_1, 10_2$  asservie à l'unité 14 de commande et de calcul du système de

15 contrôle, ladite unité étant, en outre, en relation avec chacun des capteurs de température  $15_1, 15_2 \dots 15_n$  dont est pourvue chaque canalisation d'évacuation  $13_1, 13_2 \dots 13_n$  reliant les ouvertures de sortie  $11_1, 11_2 \dots 11_n$  des cavités  $2_1, 2_2 \dots 2_n$  à la canalisation 35 d'amenée du mélange de fluide liquide/gaz vers le réservoir de séparation 31.

20 Le moyen de contrôle, gérant l'approvisionnement en fluide cryogène liquide  $C_L$  du réservoir de séparation 31, à partir du réservoir de stockage et d'alimentation 5, comprend :

- au moins un capteur de niveau de fluide liquide  $C_L$  dans le réservoir de séparation 31,
- 25 - au moins une vanne 36, de préférence une vanne de régulation,
- et au moins un organe 37 de commande et de calcul apte à actionner la (ou les) vanne(s) pour réajuster la quantité de fluide cryogène liquide  $C_L$  dans le réservoir de séparation 31, au-dessus d'une valeur de consigne plancher et préprogrammée.

L'exemple de dispositif de réfrigération décrit ci-dessus est un de ceux

30 susceptibles d'être utilisés pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention. L'une des caractéristiques essentielles de ce procédé est d'exploiter la chaleur latente

de vaporisation  $L$  d'un fluide cryogène liquide  $C_l$  sous pression en un gaz  $C_g$  à l'intérieur du panneau creux 1 pour l'absorption d'une charge thermique extérieure donnée  $\dot{Q}$ . Cette chaleur latente  $L$  définit, avec la charge  $\dot{Q}$ , un ratio  $\dot{Q}/L$  correspondant au flux  $\dot{m}$  du fluide  $C_l$  au sein de l'écran, nécessaire pour, absorber  $\dot{Q}$ .

Partant de ce principe d'absorption de chaleur par vaporisation, on impose, conformément à l'invention, un débit  $\dot{M} = y.(\dot{m})$  avec  $y$  représentant un nombre supérieur à 1 et, en particulier, supérieur ou égal à 3, de préférence à 5 et, plus préférentiellement encore, supérieur ou égal à 10. En définitive,  $\dot{M}$  est choisi par excès, de telle sorte que la vaporisation  $C_l \rightarrow C_g$  soit au moins partielle. Plus précisément, il est avantageux que la fraction de fluide frigorigène liquide  $C_l$  se transformant en gaz, soit au plus égale à 30%, de préférence à 10% du débit total en circulation  $\dot{M}$ .

Le siège de ce changement d'état, au moins partiel, est l'intérieur des écrans  $2_1, 2_2 \dots 2_n$ .

Avantageusement, il est prévu de régler le débit  $\dot{M}$  à l'aide du système de contrôle et de commande qui est, de préférence, autorégulé. L'unité de commande et de calcul 14 de ce système est programmée de telle sorte qu'elle soit apte à actionner les vannes  $10_1, 10_2 \dots 10_n$  en fonction des températures de sortie de mélange liquide/gaz mesurées par les capteurs  $15_1, 15_2 \dots 15_n$ , et ce, compte tenu des valeurs de  $y$  préprogrammées et du flux thermique  $\dot{Q}$  à absorber. Cette unité 14 peut également commander et régler le fonctionnement de la pompe 32 lorsque la vanne 39 est ouverte et la vanne 41 fermé.

En sortie  $11_1, 11_2 \dots 11_n$  des canaux  $2_1, 2_2 \dots 2_n$ , on a donc un mélange liquide/gazeux collecté par les canalisations  $13_1, 13_2 \dots 13_n$  et acheminé par la canalisation 35 jusqu'au moyen de séparation 31. Ce mélange comprend l'excès de fluide liquide  $C_l$  et le fluide gazeux  $C_g$  issus de la vaporisation. Grâce aux moyens 31 on sépare l'excès  $C_l$  de  $C_g$ ,  $C_g$  étant ensuite évacué par l'intermédiaire de la conduite d'évacuation 34.

Le fluide liquide  $C_l$  contenu dans les moyens de séparation 31 est amené, par la canalisation 38, vers le côté d'aspiration de la pompe 32 en position ouverte

de la vanne 39 et fermée de la vanne 41 (ou inversement) jusqu'à la canalisation 7 par l'intermédiaire de la pompe 32 ou de la dérivation 40.

Il est prévu de compenser les pertes en fluide liquide au sein du réservoir de séparation 31, par apport dimensionné en fluide liquide  $F_L$  sous pression, provenant du réservoir 5. Cette compensation est gérée par les moyens de contrôle comprenant la vanne de régulation 36, l'unité de commande 37 et le capteur de niveau. ce système mesure la quantité de fluide en excès  $C_e$  contenu dans le réservoir 31 et dès lors que celle-ci s'écarte, par défaut, d'une valeur de consigne plancher prédéterminée, on actionne une ou plusieurs vannes, en l'occurrence la vanne de régulation 36, montée sur la canalisation d'alimentation 33 reliée à au moins un réservoir 5 d'alimentation, en l'occurrence un, de façon à ramener la quantité de fluide dans le réservoir séparateur 31 dans la plage de consigne convenable.

Avantageusement, le fluide frigorigène est, de préférence, de l'azote liquide ou tout autre cryogène liquide.

La mise en place d'une pompe 32 est préférable pour des charges thermiques  $\dot{Q}$  importantes. Néanmoins, il est parfaitement envisageable de mettre hors circuit, i.e. de "bypasser" cette pompe lorsque la charge  $\dot{Q}$  est réduite. En tout état de cause, la taille, donc les performances, exigées pour la pompe sont, de toute façon, largement inférieures à celles de la pompe incontournable pour des dispositifs de mise en oeuvre du procédé "indirect" de l'art antérieur. Ainsi, pour une différence de température entrée/sortie écran de 10 K dans le procédé indirect, la pompe mise en oeuvre dans le procédé selon l'invention aura un débit typiquement 10 fois plus faible.

Le procédé selon l'invention permet d'atteindre des températures de réfrigération basses comparables à celles obtenues par le procédé connu direct et correspondant sensiblement aux températures d'ébullition du fluide frigorigène liquide à pression atmosphérique. De plus, conformément à l'invention, les éventuels problèmes de bouchons gazeux et d'hétérogénéité thermique sont évités, sans pour autant nuire à l'économie du procédé, en raison notamment du recyclage du fluide liquide en excès prévu.

Enfin, le procédé de l'invention ne nécessite pas le recours à des équipements sophistiqués, complexes et coûteux.

Avantageusement, il peut être fait usage du procédé et du dispositif selon l'invention pour la réfrigération de chambres de simulations spatiales du type vide-thermique ou de type vide-rayonnement.

5

**REVENDECATIONS :**

1 - Procédé de réfrigération d'écran(s) thermique(s), du type de ceux qui sont susceptibles d'être utilisés pour créer un environnement thermique ayant une température cryogénique et qui comprennent au moins un écran à circulation de cryogène liquide (1),

ledit procédé consistant, essentiellement, à mettre à profit la chaleur latente de vaporisation (L) d'un fluide cryogène liquide ( $C_l$ ) en un gaz ( $C_g$ ) à l'intérieur du (ou des) panneau(x) d'écran à circulation (1), cette chaleur latente (L) provenant de la charge thermique extérieure ( $\dot{Q}$ ) et définissant avec ( $\dot{Q}$ ) un ratio ( $\dot{Q}/L$ ) correspondant au débit-masse ( $\dot{m}$ ) du fluide ( $C_l$ ) au sein du (ou des) panneau(x) (1), nécessaire pour absorber ( $\dot{Q}$ ) provenant du volume à refroidir,

caractérisé en ce que :

- l'on impose un flux ( $\dot{M} = y.(\dot{m})$ ) avec y représentant un nombre positif supérieur à 1, ( $\dot{M}$ ) étant, en outre, choisi par excès, de telle sorte que la vaporisation ( $C_l \rightarrow C_g$ ) soit au moins partielle,
- l'on recueille l'éventuel excès de fluide liquide ( $C_{le}$ ) et le fluide gazeux ( $C_g$ ) issu de la vaporisation,
- l'on sépare l'excès ( $C_{le}$ ) de ( $C_g$ ),
- l'on évacue ( $C_g$ ),
- l'on compense la perte en fluide ( $C_l$ ) par un apport dimensionné en fluide liquide ( $C_{le}$ ) sous pression,
- et l'on réachemine l'excès fluide ( $C_{le}$ ) recueilli, éventuellement complété par l'apport de fluide liquide ( $C_{le}$ ) dans le (ou les) panneau(x) creux, selon un flux ( $\dot{M}$ ), de manière à instaurer ainsi un recyclage de ( $C_l$ ).

2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que y est supérieur ou égal à 3, de préférence à 5 et, plus préférentiellement encore, à 10.

3 - Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'(le) réacheminement de ( $C_l$ ) peut être assisté par des moyens mécaniques - de type pompe (32).



4 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'on prévoit un système de contrôle du flux ( $\dot{M}$ ), de préférence autorégulé.

5 5 - Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'on régule le flux ( $\dot{M}$ ) au moyen d'au moins une vanne ( $10_1, 10_2 \dots 10_n$ ), d'au moins un capteur de température ( $15_1, 15_2 \dots 15_n$ ) et d'au moins une unité (14) de commande et de calcul programmée, de telle sorte qu'elle soit apte à actionner la (les) vanne(s) ( $10_1, 10_2 \dots 10_n$ ) en fonction des données qu'elle reçoit du(des) capteur(s) ( $15_1, 15_2 \dots 15_n$ ).

10 6 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la compensation de la perte en fluide ( $C_p$ ), par apport dimensionné en fluide liquide ( $C_L$ ) sous pression, est gérée par des moyens de contrôle grâce auxquels on mesure la quantité de fluide en excès ( $C_e$ ) dans le réservoir séparateur (31) et, dès lors que celle-ci s'écarte par défaut d'une valeur de consigne plancher prédéterminée, on actionne à l'ouverture une ou plusieurs vannes (36) 15 montée(s) sur une canalisation d'alimentation (33), reliée à au moins un réservoir (5) d'alimentation, de façon à ramener la quantité de ( $C_e$ ) dans la plage de consigne convenable.

20 7 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le fluide frigorigène est choisi parmi les liquides cryogéniques, l'azote liquide, étant particulièrement préféré.

8 - Dispositif de réfrigération d'écran thermique, utile notamment pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 et comprenant :

- 25 - au moins un écran thermique constitué par au moins un panneau à circulation creux (1) présentant une ou plusieurs canaux ( $2_1, 2_2 \dots 2_n$ ) au travers de chacune desquelles au moins un fluide cryogène liquide et/ou gazeux est susceptible de circuler entre au moins une ouverture d'entrée ( $9_1, 9_2 \dots 9_n$ ) et au moins une ouverture de sortie ( $11_1, 11_2 \dots 11_n$ ),
- 30 - au moins un réservoir (5) de stockage et d'alimentation en fluide cryogène liquide ( $C_L$ ) sous pression,
- et éventuellement au moins un système de contrôle ( $10_1, 10_2 \dots 10_n, 11_1,$

11<sub>2</sub> ... 11<sub>n</sub>, 14, 15<sub>1</sub>, 15<sub>2</sub> ... 15<sub>n</sub>) du flux ( $\dot{M}$ ) d'entrée et de circulation du fluide (C<sub>f</sub>) dans la ou les cavités de l'écran thermique.,

caractérisé :

- 5                   - en ce qu'il comporte, en outre, des moyens (31) de séparation de mélanges de phases liquide et gazeuse du fluide cryogène, lesdits mélanges provenant de la (ou des) ouverture(s) de sortie (11<sub>1</sub>, 11<sub>2</sub> ... 11<sub>n</sub>) de la (ou des) canal (aux) (2<sub>1</sub>, 2<sub>2</sub> ... 2<sub>n</sub> de l' (ou des) écran(s) thermique(s),
- 10               - et en ce que ces moyens de séparation (31) liquide/gaz sont, par ailleurs, reliés, d'une part, au réservoir (5) de stockage et d'alimentation apte à les approvisionner en fluide cryogène liquide (C<sub>f</sub>) sous pression et, d'autre part, à l' (ou aux) ouverture(s) d'entrée (9<sub>1</sub>, 9<sub>2</sub> ... 9<sub>n</sub>) de la (ou des) cavité(s) (2<sub>1</sub>, 2<sub>2</sub> ... 2<sub>n</sub>) de l' (ou des) écran(s) thermique(s).

15               9 - Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que les moyens de séparation sont constitués par au moins un réservoir (31) de séparation de phase (liquide/gaz) comprenant au moins une conduite d'évacuation (34) de la phase gazeuse séparée de la phase liquide, ledit réservoir (31) étant en liaison avec au moins une conduite d'amenée de mélange (liquide/gaz) en provenance de la (ou des) canal(aux) (2<sub>1</sub>, 2<sub>2</sub> ... 2<sub>n</sub> de l' (ou des) écran(s) thermique(s) (1) et de fluide (C<sub>f</sub>) fourni par le réservoir (5) de stockage et d'alimentation, ainsi qu'avec au moins une canalisation le reliant à (ou aux) ouverture(s) d'entrée de la (ou des) cavité(s) de l' (ou des) écran(s) thermique(s) pour le transport du fluide frigorigène (C<sub>f</sub>) vers ces dernières.

25               10 - Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une pompe (32) pour le transport du fluide (C<sub>f</sub>) du réservoir de séparation (31) vers le (ou les) panneau(x) creux (1).

30               11 - Dispositif selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, caractérisé en ce qu'il comporte un premier système de contrôle du flux ( $\dot{M}$ ), fonctionnant, de préférence, en autorégulation et comprenant :

- au moins une vanne, de préférence une vanne de

régulation électrovanne ( $10_1, 10_2 \dots 10_n$ )

- au moins un capteur ( $15_1, 15_2 \dots 15_n$ ) de température du fluide ( $F_1$ ) à l'intérieur ou à la sortie des canaux ( $2_1, 2_2 \dots 2_n$ ),
- et au moins une unité (14) de commande et de calcul, programmée de telle sorte qu'elle soit apte à actionner la (ou les) vanne(s) ( $10_1, 10_2 \dots 10_n$ ) en fonction, notamment, des données reçues du (ou des) capteur(s) ( $15_1, 15_2 \dots 15_n$ ) de température, en vue d'assurer l'ajustement du flux ( $\dot{M}$ ) au flux à la quantité de chaleur ( $\dot{Q}$ ) à absorber.

10            12 - Dispositif selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé en ce que l'approvisionnement, en fluide cryogène ( $C_1$ ), du réservoir de séparation (31), à partir du réservoir (5) de stockage et d'alimentation, est géré par des moyens de contrôle comprenant :

- au moins un capteur de niveau de fluide ( $C_n$ ) dans le réservoir (31) de séparation,
- au moins une vanne, de préférence une vanne de régulation (36),
- et au moins un organe (37) de commande et de calcul apte à actionner la (ou les) vanne(s) pour réajuster la quantité de fluide ( $C_1$ ) dans le réservoir de séparation (31), au-dessus d'une valeur de consigne plancher et préprogrammée.

20            13 - Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisé en ce qu'il comporte une dérivation (40) de la pompe (32), dont la mise en service peut être effectuée à l'aide d'au moins une vanne (41).

1/2

FIG. 1

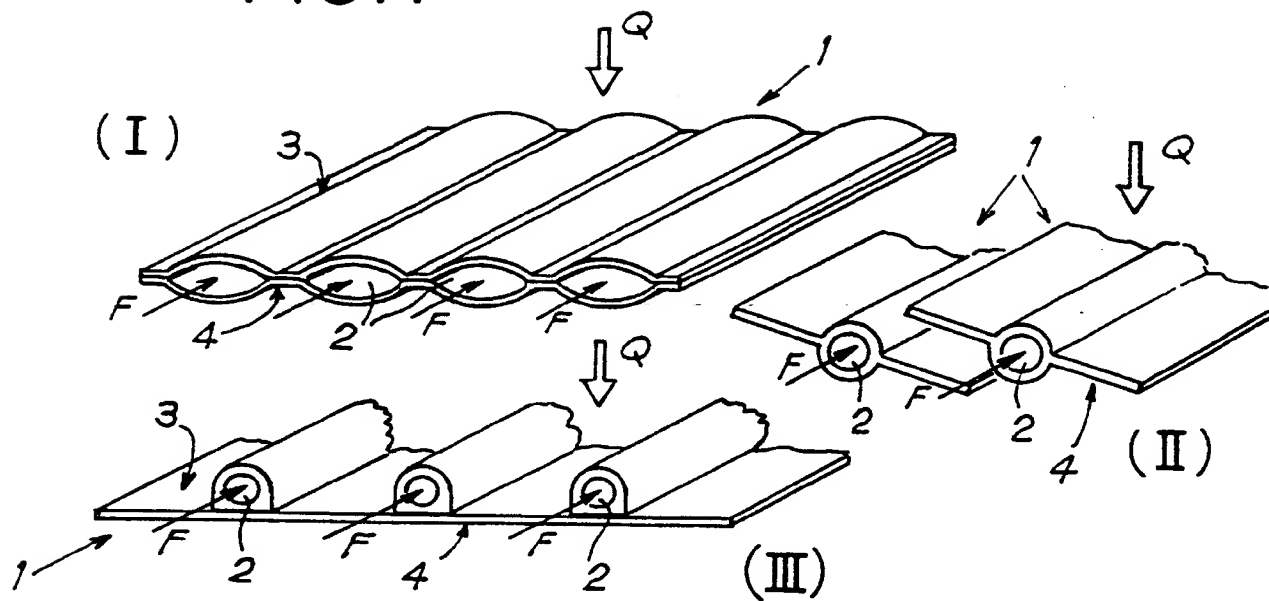
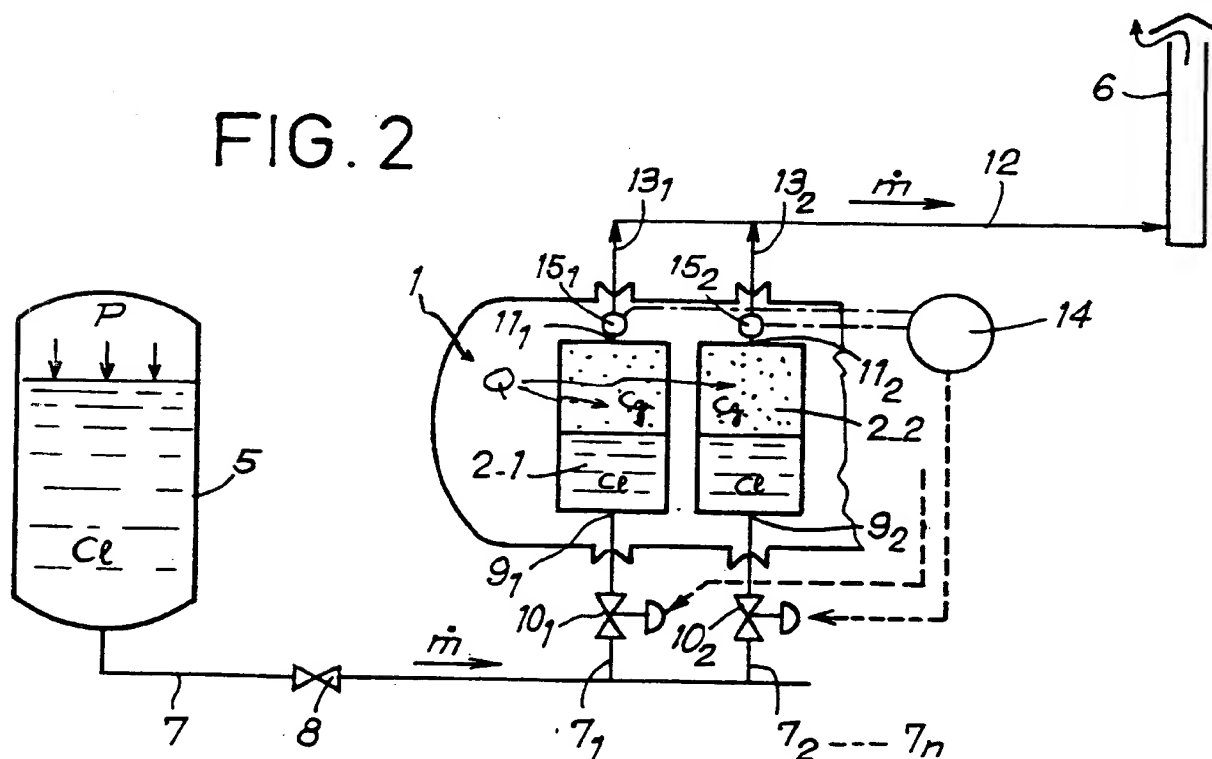


FIG. 2





DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revenant concernant de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	US-A-4 625 521 (MURPHY)  * colonne 2, ligne 54 - colonne 5, ligne 56; figures 1-4 *  ---	1,3, 6-10,13
A	HEATING, PIPING & AIR CONDITIONING, vol. 42, no. 7, Juillet 1970 pages 80-84, M. J. TRIPLET AND S. P. ANSLEY, JR. 'CRYOGENIC PANEL AND PIPING SYSTEM DESIGN FOR AEROSPACE ENVIRONMENTAL TEST CHAMBER' * page 80, colonne de droite, alinéa 2 - page 82, colonne du milieu, alinéa 1; figures 3,5-7 *  ---	1,3,7-10
A	VDI-Z, vol. 111, no. 15, Août 1969 pages 1035-1041, DIETER DRECHSEL 'WELTRAUM-SIMULATIONSANLAGE ZUM PRÜFEN VON RAUMFLUGKÖRPERN MIT DURCHMESSERN BIS ZU 3 M' * page 1037, colonne de droite, alinéa 3 - page 1040, colonne de gauche, alinéa 4; figures 3-5 *  ---	1,3,7-10
A	FR-A-1 540 391 (L'AIR LIQUIDE) * page 2, colonne de droite, alinéa 5 - page 4, colonne de gauche, alinéa 1; figures 1,2 *  ---	1,3,8-10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 16 no. 376 (M-1294) ,12 Août 1992 & JP-A-04 121467 (HITACHI) 22 Avril 1992, * abrégé *  ---	1,3,8,10
-/--		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
18 Mars 1996		Boets, A
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
<p>X : particulièrement pertinent à lui seul  Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie  A : pertinent à l'encontre d'un moins une revendication ou arrière-plan technologique général  O : divulgation non-écrite  P : document interchangeable</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention  E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.  D : cité dans la demande  L : cité pour d'autres raisons</p> <p>---  A : membre de la même famille, document correspondant</p>		

REPUBLIQUE FRANÇAISE

2736423

N° d'enregistrement  
national

INSTITUT NATIONAL

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE**

de la

PROPRIETE INDUSTRIELLE

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FA 515573  
FR 9506785

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 8 no. 50 (M-281) ,7 Mars 1984 & JP-A-58 203300 (HITACHI SEISAKUSHO) 26 Novembre 1983, * abrégé *	1,6,8,9, 12
A	US-A-3 882 687 (ASZTALOS) * colonne 4, ligne 66 - colonne 6, ligne 38; figure *	6,12
A	US-A-3 273 636 (HICKEY)	
A	US-A-3 209 815 (HOOD)	
A	US-A-3 353 365 (CHUBB)	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 9 no. 164 (M-395) ,10 Juillet 1985 & JP-A-60 036790 (NIPPON GENSHIRYOKU KENKYUSHO) 25 Février 1985, * abrégé *	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur
18 Mars 1996		Boets, A
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'un motas une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercaténaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons A : membre de la même famille, document correspondant</p>		

2

EPO FORM 1500 (04/82) (POMC13)

THIS PAGE BLANK (USPTO)